(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3572647号

(P3572647)

(45)発行日　平成16年10月6日(2004.10.6)　(24)登録日　平成16年7月9日(2004.7.9)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
G01N 19/02	G01N	19/02	B
// B60T 8/58	G01M	17/02	B
F02D 29/02	B60T	8/58	Z
G01M 17/02	F02D	29/02	311A

請求項の数 6　(全 14 頁)

(21)出願番号　特願平5-310457
(22)出願日　平成5年12月10日(1993.12.10)
(65)公開番号　特開平7-159308
(43)公開日　平成7年6月23日(1995.6.23)
審査請求日　平成12年9月26日(2000.9.26)

(73)特許権者　000004260
株式会社デンソー
愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地
(74)代理人　100096998
弁理士　碓氷　裕彦
(72)発明者　松浦　正裕
愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地　日本電装株式会社内
(72)発明者　正木　彰一
愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地　日本電装株式会社内

審査官　村上　聡

最終頁に続く

(54)【発明の名称】路面摩擦係数推定装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

車両の前輪と後輪とにおける車輪速度のうち所定時間内での前記車輪速度速度変化が微小である一方の前記車輪速度の平均変化勾配を演算する演算手段と、

前記後輪の車輪速度と前記前輪の車輪速度との差の所定時間内における変化率が所定値以下の状態か否かを判別する判別手段と、

前記判別手段によって、前記変化率が所定値以上になったと判断された場合には、この直前の前記平均変化勾配により前記車両の走行路面と車輪との間の摩擦係数を推定する推定手段とを有することを特徴とする路面摩擦係数推定装置。

【請求項２】

車両の車体速度の所定時間内における平均変化勾配を演算する演算手段と、車両の後輪の車輪速度と前記車体速度との速度差および車両の前輪の車輪速度と前記車体速度との速度差の所定時間内における変化率が所定値以下の状態であるかを判別する判別手段と、

前記判別手段によって、前記変化率が所定値以下の状態であると判断された場合には、この直前の前記平均変化勾配により前記車両の走行路面と車輪との間の摩擦係数を推定する推定手段とを有することを特徴とする路面摩擦係数推定装置。

【請求項３】

前記判別手段は、前記車両の前輪と後輪の車輪速度の速度差を周期的に順次積算した積算値の所定時間内における変化率が所定値以下の状態か否かを判断することを特徴とする請求項１記載の路面摩擦係数推定装置。

【請求項４】
前記判別手段は、前記車両の前輪の車輪速度と前記車体速度との速度差および前記車両の後輪の車輪速度と前記車体速度との速度差の、所定時間内における変化率が所定値以下の状態か否かを判断することを特徴とする請求項２記載の路面摩擦係数推定装置。
【請求項５】
前輪の車輪速度を演算する前輪車輪速度演算手段と、
後輪の車輪速度を演算する後輪車輪速度演算手段と、
前輪と後輪の車輪速度差を演算する速度差演算手段と、
前記速度差を所定時間積算する積算手段と、
前記速度差の積算値が所定値未満である際に前記車輪速度の平均速度勾配が所定値以上の場合、低摩擦係数路面と判断する路面摩擦係数推定手段と、を備えることを特徴とする路面摩擦係数推定装置。
【請求項６】
車輪速度を演算する車輪速度演算手段と、
車体の車体速度を演算する車体速度演算手段と、
前記車輪速度と車体速度との差を演算する速度差演算手段と、
前記速度差を所定時間積分する積分手段と、
前記積分手段による積分値が所定値以下の状態である場合に、
前記車輪速度の平均速度勾配が所定値以上の場合、低摩擦係数路面と判断する路面摩擦係数推定手段と、を備えることを特徴とする路面摩擦係数推定装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【産業上の利用分野】
本発明は、車両におけるタイヤと路面との間の摩擦結合の状態を推定する装置に関するものであって、例えば、アンチスキッド制御装置（以下ＡＢＳと言う）に応用できるものである。
【０００２】
【従来の技術】
車両におけるタイヤと路面との間の摩擦結合は車両の走行安全性のために重要である。なぜならば、車両におけるどんな動的過程も（アクセルペダルを操作して車両を加速することやブレーキペダルを操作して車両を減速すること等）タイヤと路面との間にそれに相当する力の伝達が必要であるからである。この場合、タイヤと路面との摩擦結合は車輪の滑り率に依存し、滑り率が所定範囲以上となると、摩擦結合が弱まり、車両走行が不安定になる。
【０００３】
そこで、車両減速時や車両加速時に車両の滑り率が所定範囲以上となることを防止するための制御装置が既に知られている。これらの装置では車輪センサによって車輪の車輪速度および車輪回転の加減速が検出され、この値から他の測定値とともに電子評価制御装置において車輪滑り等が計算される。車輪滑りが所定範囲以上となる恐れがある場合、適当な駆動装置等によってブレーキ圧を減じるとか、エンジントルクを減少させるというように制御する制御方法が考え出されている。
【０００４】
上述したような制御方法において、制御開始以前にあらかじめ、車輪のタイヤと路面との摩擦結合の程度が分かっていると、制御開始当初からその結合の１度に適した制御を行うことが可能となる。
このため、例えば、特開平４－３４５５６２号公報のごとく、車両の前輪と後輪の車輪速度差を求め、その車輪速度差と車輪速度の差を有している状態が継続した時間との関係により路面摩擦状況が低摩擦路面か高摩擦路面かを推定することが提案されている。
【０００５】
【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来技術は、路面摩擦係数値を具体的に判断しているわけではなく、前輪と後輪の車輪速度差と車輪速度差を有している状態が継続した時間との関係から、走行路面が高摩擦路面か低摩擦路面かの２値に決定するものにすぎない。

【０００６】

例えば、車両の走行路面を高摩擦路面か低摩擦路面化の２値に判別してしまうため、ウェット路や圧雪路等の、極端に低摩擦路面でも高摩擦路面でもない中摩擦路面では、路面状態の判断が２値のどちらかに偏ることになりかねない。そして、このように判断された高摩擦路面か低摩擦路面かの判定に基づいて車両を制御した場合、車両挙動は不安定になることも考えられる。

【０００７】

そこで本発明は、車両の走行路面と車輪との摩擦結合をより細分化して推定することにより、推定精度を向上した路面摩擦係数推定装置を提供することを目的としている。

【０００８】

【課題を解決するための手段】

そこで、上記問題を解決するために、本発明による路面摩擦係数推定装置は、車両の前輪と後輪とにおける車輪速度のうち所定時間内での前記車輪速度変化が微小である一方の前記車輪速度の平均変化勾配を演算する演算手段と、

前記後輪の車輪速度と前記前輪の車輪速度との差の所定時間内における変化率が所定値以下の状態か否かを判別する判別手段と、

前記判別手段によって、前記変化率が所定値以下の状態であると判断された場合には、この直前の前記平均変化勾配により前記車両の走行路面と車輪との間の摩擦係数を推定する推定手段とを有する。

【０００９】

また、本発明による路面摩擦係数推定装置は、車両の車体速度の所定時間内における平均変化勾配を演算する演算手段と、車両の後輪の車輪速度と前記車体速度との速度差および車両の前輪の車輪速度と前記車体速度との速度差の所定時間内における変化率が所定値以上になったか否かを判別する判別手段と、前記判別手段によって、前記変化率が所定値以上になったと判断された場合には、この直前の前記平均変化勾配により前記車両の走行路面と車輪との間の摩擦係数を推定する推定手段とを有することを特徴としてもよい。

【００１０】

また、本発明による、前記判別手段は、前記判別手段は、前記車両の前輪と後輪の車輪速度の速度差を周期的に順次積算した積算値の所定時間内における変化率が所定値以下の状態か否かを判断することを特徴とする請求項１記載の路面摩擦係数推定装置を採用するようにしてもよい。また、本発明による、前記判別手段は、前記車両の前輪の車輪速度と前記車体速度との速度差および前記車両の後輪の車輪速度と前記車体速度との速度差の、所定時間内における変化率が所定値以下の状態か否かを判断することを特徴とする請求項２記載の路面摩擦係数推定装置を採用してもよい。

【００１１】

【作用】

上記構成によれば、本発明の請求項１記載の路面摩擦係数推定装置は、車両走行時に、車両の前輪と後輪との車輪速度の速度変化が、所定時間内において微小な方の車輪速度の変化勾配の所定時間における平均を演算する。また、車両の前後輪の車輪速度差の所定時間内の変化率があらかじめ定められた所定値範囲内の状態か否かを判断する。ここで、前記変化率が所定値範囲内の状態であると判断された直前の車輪速度の平均変化勾配より車両の走行路面と車輪との間の摩擦係数を推定する。

【００１２】

また、本発明の請求項２記載の路面摩擦係数推定装置は、車両走行時に、前記車両における車体速度の所定時間内の変化勾配の平均を演算する。また、車両の前輪の車輪速度と車体速度との速度差および後輪の車輪速度と車体速度との速度差の所定時間内の変化率が、あらかじめ定められた所定値範囲内の状態であるか否かを判断する。ここで、前記判別手

段によって、変化率が所定値範囲内の状態であると判断された直前の車体速度の平均変化勾配より車両の走行路面と車輪との間の摩擦係数を推定する。

【００１３】

また、請求項３記載によれば、車両の前後輪の速度差を、周期的に順次積算して積算値を求め、その積算値の所定時間内における変化率を求める。そして前記判別手段によって変化率が所定値範囲内かどうか判断する。また、請求項４記載によれば、前記車両の前輪の速度と車体速度との速度差、および、後輪の速度と車体速度との速度差を周期的に順次積算して積算値を求め、その積算値の所定時間内における変化率を求める。そして、前記判別手段によって変化率が所定値範囲内かどうか判断する。

【００１４】

【実施例】

以上説明した本発明の構成および作用を一層明らかにするために、本発明を図に示す実施例に基づいて説明する。以下、実施例においては、本発明の路面摩擦係数推定装置をＡＢＳ制御装置に適用する場合を例に挙げて説明する。

図１は、本発明の一実施例としてのＡＢＳ制御装置の構成を示す構成図である。図１において、ブレーキペダル２０は、真空ブースタ２１を介してマスタシリンダ２８に連結されている。したがって、ブレーキペダル２０を踏むことによりマスタシリンダ２８に油圧が発生し、この油圧は、各車輪（左前輪ＦＬ、右前輪ＦＲ、左後輪ＲＬ、右後輪ＲＲ）に設けられたホイールシリンダ３１、３２、３３、３４に供給され、ブレーキ力が発生する。

【００１５】

マスタシリンダ２８は互いに同じ圧力のブレーキ油圧を発生する２つの圧力室（図示せず）を有し、各圧力室にはそれぞれ供給管４０、５０が接続されている。

供給管４０は連通管４１、４２に分岐している。連通管４１は、電磁弁６０ａを介して、ホイールシリンダ３１に連通するブレーキ管４３と接続されている。同様に、連通管４２は、電磁弁６０ｃを介して、ホイールシリンダ３４に連通するブレーキ管４４と接続されている。

【００１６】

供給管５０も供給管４０と同様な接続関係にあり、連通管５１、５２に分岐している。連通管５１は、電磁弁６０ｂを介して、ホイールシリンダ３２に連通するブレーキ管５３と接続されている。同様に、連通管５２は、電磁弁６０ｄを介して、ホイールシリンダ３３に連通するブレーキ管５４と接続されている。

また、ホイールシリンダ３３、３４に接続されるブレーキ管５４、４４中には公知のプロポーショニングバルブ５９、４９が設置されている。このプロポーショニングバルブ５９、４９は、後輪ＲＬ、ＲＲに供給されるブレーキ油圧を制御して前後輪ＦＬ～ＲＲの制動力の分配を理想に近づけるものである。

【００１７】

各車輪ＦＬ～ＲＲには、電磁ピックアップ式の車輪速度センサ７１、７２、７３、７４が設置され、電子制御回路ＥＣＵにその信号が入力される。電子制御回路ＥＣＵは、入力された各車輪ＦＬ～ＲＲの車輪速度に基づいて各ホイールシリンダ３１～３４のブレーキ油圧を制御すべく、電磁弁６０ａ～６０ｄに対して駆動信号を出力する。

【００１８】

電磁弁６０ａ、６０ｂ、６０ｃ、６０ｄは、３ポート３位置型の電磁弁で図１のＡ位置においては、連通管４１、４２、５１、５２とブレーキ管４３、４４、５３、５４とをそれぞれ連通し、Ｂ位置においては、連通管４１、４２、５１、５２、ブレーキ管４３、４４、５３、５４、枝管４７、４８、５７、５８間を全て遮断する。また、Ｃ位置においては、ブレーキ管４３、４４、５３、５４と、枝管４７、４８、５７、５８とをそれぞれ連通する。

【００１９】

枝管４７、４８はともに排出管８１に接続され、枝管５７、５８はともに排出管９１に接続される。これら排出管８１、９１は、それぞれリザーバ９３ａ、９３ｂに接続されてい

る。リザーバ９３ａ、９３ｂは、各電磁弁６０ａ～６０ｄがＣ位置のとき、各ホイールシリンダ３１～３４から排出されるブレーキ液を一時的に蓄えるものである。このため電磁弁６０ａ～６０ｄでは、Ａ位置においてはホイールシリンダ３１～３４のブレーキ油圧を増圧し、Ｂ位置においてはそのブレーキ油圧を保持し、Ｃ位置においてはそのブレーキ油圧を減圧することができる。すなわち、電磁弁６０ａ、６０ｂは、ブレーキ力調整手段に相当する。

【００２０】

ポンプ９９ａ、９９ｂは、リザーバ９３ａ、９３ｂに蓄積されたブレーキ液を汲み上げてマスタシリンダ２８側に還流させる。また、チェック弁９７ａ、９８ａ、９７ｂ、９８ｂは、リザーバ９３ａ、９３ｂから汲み上げられたブレーキ液が、再びリザーバ９３ａ、９３ｂ側に逆流するのを防ぐためのものである。

なお、ストップスイッチ１０は、運転者がブレーキペダル２０を踏んでいるか否かを検出するものである。

【００２１】

次に、このように構成された本実施例において実行されるＡＢＳ制御について図２～７に基づき説明する。

まず図２は本発明による路面摩擦係数推定装置をＡＢＳ制御装置に適用した場合のメインルーチンを表すフローチャートである。なお、この処理は図示しないイグニッションスイッチがオンされたとき、ステップ１００より開始される。

【００２２】

処理を開始すると、まずステップ１１０にて、各種フラグや各種カウンタの初期設定を行う。続くステップ１２０では、車輪速度センサ７１～７４から車輪速度信号を、中央演算処理装置ＥＣＵ１００に入力する。ステップ１３０では、車輪速度センサ７１～７４から入力される信号に基づき、制御対象の車輪（ＦＬ～ＲＲのいずれか）の車輪速度および加速度を演算する。次に、ステップ１４０では、前後輪における速度差を演算する。この前後輪速度差演算は、ＦＲ輪－ＲＲ輪、ＦＬ輪－ＲＬ輪といった右側、左側独立に演算する方法を用いる。また、（ＦＲ輪＋ＦＬ輪）／２－（ＲＲ輪＋ＲＬ輪）／２といった平均値を演算する方法を用いてもよい。

【００２３】

ここで、車輪の落ち込み現象について考えると、図３に示すように車輪の運動方程式（数１）から各車輪の車輪速度の落ち込み状態ωは制動力ＴＢに依存することが分かる。

【００２４】

【数１】

$$\omega = (\mu * r * W - TB) / I$$

ただし、それぞれ、ω　・車輪の落ち込み状態（車輪角速度）

μ　・路面摩擦係数

ｒ　・車輪半径

Ｗ　・車輪荷重

ＴＢ・制動力

Ｉ　・車輪の慣性モーメント、を表す。

【００２５】

また、図４に示すように、Ｐバルブによる制動力配分線から実制動力は後輪より前輪の方が高いということが分かる。これより、一般的に数１より前輪の落ち込みタイミングは後輪より速くなると考えられる。

続くステップ１５０では、ステップ１４０で求めた前後輪速度差を周期的に順次積算する積算演算を行う。ここでは、図５に示すように、前後輪速度差の絶対値を積算する。この、積算演算を行うことで、前後輪の車輪速度に含まれるノイズ成分の影響を低減することができる。例えば、図５のＡポイントに示すように、前輪の落ち込みが後輪より早い状態において、後輪がノイズ的に落ち込んだ場合には、この時点で、前後輪速度差が一時的に通常走行状態に戻ってしまい、落ち込みが収まったと判断されてしまう危険性がある。し

かし、前後輪速度差を周期的に順次積算することによって、このノイズ誤差成分の影響を低下することができ、連続的な前後輪速度差状態を表すことを可能にしている。

【００２６】

ステップ１６０では、ステップ１５０にて演算された積算値が、積算周期内においてある所定値以上か以下かを判断する。すなわち、その積算周期内において前輪と後輪との速度差が、実際発生している状態か否かを判定する。ここで、積算値が所定値以上、すなわち前輪と後輪との速度差が存在している状態であると判断された場合にはステップ１７０に進む。また、積算値が所定値以下、すなわち前輪と後輪とが同じ車輪速度状態であると判断された場合には、ステップ３００に進む。

【００２７】

ステップ１７０では、ステップ１８０で行われる車輪速度差の積算値の平均変化率の演算を行うタイミングを判定する。具体的には、あらかじめ定められた所定時間を経過したかを判定する。この所定時間は、ステップ１５０において車輪速度差の積算を行う周期よりも長い時間に設定されている。ステップ１７０において、所定時間経過したと判断された場合、ステップ１８０に進む。また、あらかじめ定められた所定時間経過前ではステップ２２０に進み、従来のＡＢＳ制御開始判定を行い、路面摩擦係数推定処理は行わない。

【００２８】

ここで、車輪速度の積算値の変化率演算を行うタイミングを判定する方法として、前回の演算タイミングからの経過時間によらないで、前後輪の速度差の積算値が所定量以上になったかによって判断する方法を採用するようにしてもよい。ステップ１８０では、ステップ１５０で演算された積算値の所定時間内の平均変化率を演算する。ここで、例えば積分演算は５ｍｓごとに行い、この積算値の変化率演算は５０ｍｓごとに行う。これは、車輪速度差の積算を行う周期よりも短い時間または同じ時間を用いて平均変化率を演算すると、平均変化率は前後輪の速度差になるからである。

【００２９】

ステップ１９０においては、ステップ１８０で求めた車輪速度差の積算値の平均変化率の大きさによって、ＡＢＳ制御開始前に路面摩擦係数を推定するかどうかの判断を行う。この平均変化率があらかじめ定められた所定値以下の場合は、図６に示すように、前後輪の落ち込み状態が路面とタイヤとによる摩擦結合の最大になるμ－ｐｅａｋ以前の車輪挙動安定領域にあると判断される。この場合には、路面摩擦係数の正確な推定が可能であり、ステップ２００に進む。一方、平均変化率が所定値以上の場合、前輪（または後輪）の落ち込みが急激に大きくなって、前後輪が路面とタイヤとによる摩擦結合が最大になるμ－ｐｅａｋを越えた車輪挙動不安定領域に入っている状態であると判断される。この正確な路面摩擦係数の推定は行えない不安定領域に入っている場合には、ステップ２２０へ進みＡＢＳ制御開始判定処理を行う。また、ここでステップ２２０に進む場合には、後述する、ステップ２００にて前回演算された路面摩擦係数が、車輪と走行路面とのμ－ｐｅａｋ直前の摩擦係数に対応したものとなっている。

【００３０】

ステップ２００では、ステップ１９０で変化率が所定値以下の場合に、路面摩擦係数を正確に推定できると判断され、路面摩擦係数を推定するために演算を行う。ここで、路面摩擦係数推定値の演算を行う方法としては、前述したように、車輪速度が落ち込んだ前後輪において、車輪速度変化が微小な方の車輪速度の平均変化勾配、すなわち、ステップ２００では、平均減速度勾配を推定路面摩擦係数とする方法を採用する。

【００３１】

すなわち、ステップ１７０、および１８０において用いられた、あらかじめ定められた所定時間内において、前後輪において車輪速度変化が微小な方の車輪速度の平均減速度勾配を算出する。具体的には、例えば、所定時間内において、ステップ１４０にて車輪速度差を演算した周期を用いて、その周期における前後輪の車輪速度変化が微小な方の車輪の車輪速度をピックアップする。その後、このピックアップした点を近似的に通過する１次方程式を演算し、その方程式の傾きを上記平均減速度勾配とする。

【００３２】
また、ＤＲＹ路面では車輪に制動力が加わる場合に高い車体減速度を発生する。この場合には、この車体減速度により、前輪への荷重移動分が増え、後輪が先行して落ち込むことがある。しかし、この場合は車体の荷重移動と、路面と車輪との高摩擦結合によって車輪速度の落ち込みが少ない前輪速度が、前述した周期における前後輪の車輪速度変化が微小な方の車輪の車輪速度に相当する。よって、この前輪速度を用いて平均減速度勾配を演算する。
【００３３】
なお、平均減速度勾配の算出については、単に、前回ステップ１３０において、車輪速度を演算した際の所定時間経過時の値と、今回車輪速度を演算した際の所定時間経過時の値との差を所定時間で割った値を、平均減速度勾配として採用してもよい。
ここで、路面摩擦係数推定の考え方について説明する。図６に示す、μ－ｐｅａｋ近辺の特徴を表すグラフとμ－ｓ特性グラフを用いることで路面摩擦係数を推定することができる。つまり、前後輪の速度差の状態が急激に大きくなった瞬間、すなわち、前後輪の速度差の所定時間内における積算値の変化率が、所定値を越えた直前には、先行して落ち込んだ輪の方は、すでに路面とタイヤとによる摩擦結合が最大になるμ－ｐｅａｋを越えており、急激な落ち込みが発生している領域である。これに対し、残った輪の方は、μ－ｐｅａｋ寸前の領域に存在していると言える。よって、このときの残った輪の方、すなわち車輪速度変化が微小な方の車輪速度の減速度勾配が車体減速度ＶＢに対応するものとなる。
【００３４】
ここで、路面摩擦係数を推定する方法は、路面摩擦係数μと車体減速度ＶＢとを用いて数２のように表される。
【００３５】
【数２】
μＦ＊ＷＦ＋μＲ＊ＷＲ＝－（ＶＢ／ｇ）＊ＷＢ
【００３６】
【数３】
μ（ＷＦ＋ＷＲ）＝－（ＶＢ／ｇ）＊ＷＢ
ただし、それぞれ、μＦ・前輪における路面摩擦係数
ＷＦ・前輪荷重
μＲ・後輪における路面摩擦係数
ＷＲ・後輪荷重
ＶＢ・車体減速度
ＷＢ・車両重量
ｇ　・重力加速度、を表す。
【００３７】
一般的には前輪と後輪のμが等しいと見なせるので（μＦ＝μＲ＝μ）、数２は数３として表されて路面摩擦係数μ∝車体減速度ＶＢの関係が成立し、路面摩擦係数　車体減速度として考えることができる。このような考え方によって、路面摩擦係数を正確に推定することを可能にしている。
ここで、ステップ１６０において　ステップ１５０で演算された積算値が、積算周期内において所定範囲内にあると判定された場合、すなわち、前輪と後輪とが同じ車輪速度状態であると判断された場合について説明する。
【００３８】
この場合は、車両が一定速度走行をしているか、制動力がかかっている際には４輪の車輪速度が揃って落ち込んでいる状態であると考えられる。ここで、車両制動時に４輪速度が揃って落ち込む現象は、車輪と路面との摩擦結合が強い、車輪の落ち込みがゆるやかな高μ路では、荷重移動が生じて実際には起こりえないものと思われる。しかし、低μ路では、車輪と路面との摩擦結合が弱いため、４輪が揃って落ち込むことが考えられる。この場合には、以下ステップ３００、３１０に示すように、車両に制動力が加えられている状態

で、所定時間以上、前後輪速度差がほとんど発生しない現象を捉えた場合に、低μ路と判別する。

【００３９】

すなわち、ステップ３００では、所定時間内において、前後輪の車輪速度差の積算値があらかじめ定められた所定値以上の値を取るかどうかを判定する。すなわち、所定時間前後輪の速度差がほとんど生じない状態が継続したかどうか判断する。ここで、所定時間内に積算値が所定値以上にならなかったと判断された場合にはステップ３１０に進み、所定値以上になったと判断された場合にはステップ２２０に進む。

【００４０】

ステップ３１０では、所定時間内における車輪速度の平均速度勾配を判定する。すなわち、実際車輪速度が低下しているかどうかを判定して、ある所定値以上の平均速度勾配を検出した場合は、車輪に制動力が加えられていると判断する。ここで、平均速度勾配が所定値以上の値である場合にはステップ３２０に進み、以下の値を取る場合には、低摩擦係数路面と判断されずステップ２２０に進む。

【００４１】

ステップ３２０では、車輪速度全輪同時に落ち込んでいる状態で所定時間以上前後輪速度差が発生しない現象を捉えたということで、現在の走行路面は低摩擦係数路面であると断定する。そして、この情報をステップ２１０に、ＡＢＳ制御基準の情報として送る。

次の、ステップ２１０ではステップ２００によって推定された路面摩擦係数によってＡＢＳ制御前の状態から各種のＡＢＳ制御基準（推定車体速度の減速度勾配、各輪の制御開始スリップ基準値、ＡＢＳ制御開始後の減圧・増圧勾配等）を切り換える。

【００４２】

ステップ２２０では、ステップ２１０で各種のＡＢＳ制御基準を切り換えた状態を踏まえてＡＢＳ制御を開始するか否かを判断する。

ステップ２３０では、ステップ２２０のＡＢＳ制御開始判定結果に応じてソレノイド駆動を行っていく。

このようにして、ＡＢＳ制御開始前に路面摩擦係数を推定することで、従来までは行えなかった、路面摩擦係数に応じた、すなわち路面状況に応じた適切な制御を、ＡＢＳ制御開始初回サイクルから行える。さらに、ＡＢＳが制御開始されずに車体が非常に不安定になったり、制動力の低下が著しくなるといった状況（特に氷上などの低摩擦係数路面において）を未然に防止することができる。

【００４３】

例えば、図７に示すように、従来では、実際の車体速度から掛け離れた推定車体速度を用いていたため、制御基準が実際の車輪および路面の状況とは大きく異なってしまい、ＡＢＳ制御が開始される時期が不安定であった。これについて、次に示す一般的な車体速度の推定式に基づいて説明する。

【００４４】

【数４】

$$VSB(n) = MED(Vw0,\ VSB(n-1)-\alpha down*t,\ VSB(n-1)-\alpha up*t)$$

ただし、　ＶＳＢ・推定車体速度

ＭＥＤ・中間値採用

Ｖｗ０・選択車輪速度

αｄｏｗｎ・車輪減速度上限定数

αｕｐ・　車輪加速度上限定数

ｔ　・演算周期

ｎ　・演算回数、を採用する。

【００４５】

上記数４を採用して、例えばステップ２２０においてＡＢＳ開始時期を判定するための基準となる推定車体速度を演算する。この際、車輪加速度上限定数αｕｐ、および車輪減速

度上限定数αｄｏｗｎがあらかじめ定められた一定の値を取っている場合、現在走行中の路面の摩擦係数は全く考慮されることなく推定車体速度が決定される。しかし、今回の技術により、あらかじめ路面の摩擦係数を推定できることから、この路面摩擦係数によって、推定車体速度をより現実に近づけることが可能となった。というのは、今回では推定路面摩擦係数が演算され、車輪加速度上限定数αｕｐ、および車輪減速度上限定数αｄｏｗｎの設定を変えることによって、推定車体速度をより正確に求めることができる。これにより、車輪と走行路面との間の摩擦結合の状態、すなわち、車輪と路面との間のスリップ状況を正確に把握することができる。これによって、車輪の最適なスリップ状況においてＡＢＳ制御が開始され、安定した車両挙動を得ることが可能となった。

【００４６】

本発明は、上記実施例に限定されるものではなく、以下のように種々変形可能である。

例えば、図２のフローチャートのステップ２００において、車両の前輪および後輪における車輪速度変化が微小な方の車輪速度を用いて路面摩擦係数を推定していたが、例えば、数４を用いて、各車輪速度から車両の車体速度を演算し、この車体速度の所定時間内における平均減速度勾配から路面摩擦係数を推定することができる。すなわち、ステップ１４０においては、車体速度と前輪の車輪速度との差、および、車体速度と後輪の車輪速度との差を演算する。ステップ１５０においては、車体速度と前輪の車輪速度との差の値と、車体速度と後輪の車輪速度との差の値との差の絶対値を求め、これを周期的に順次所定時間積算する。この積算値を用いて、ステップ１８０、１９０の積算値変化率の演算、および路面摩擦係数を推定するかどうかの判断を行う。ステップ２００においては、ステップ１９０にて路面摩擦係数を正確に推定できると判断した場合に、路面摩擦係数を推定する。この際、所定時間内における車体速度の平均減速度勾配は、数２における車体減速度ＶＢに相当する。よって路面摩擦係数μ∝ＶＢの関係より、所定時間内における車体速度の平均変化減速度勾配によって、車両の走行路面と車輪との間の路面摩擦係数を正確に推定することができる。また、この車両速度は、随時、路面摩擦係数が推定されるごとに数４の車輪減速度下限定数αｄｏｗｎおよび車輪加速度上限定数αｕｐを補正していくことによって、常に現実に即した値となっている。

【００４７】

また、図２のフローチャートの、ステップ１８０において、前後輪の車輪速度差の積算値の、所定時間内における平均変化率を算出していたが、前後輪の車輪速度差の積算値があらかじめ定められた所定量になるごとの時間を求め、この間の平均減速度勾配を変化率とする方法を採用してもよい。

さらに、図２のフローチャートのステップ２００において、高い車体減速度を発生するＤＲＹ路で、前輪への荷重移動分が増え、後輪が先行して落ち込む場合のことについて述べた。この場合、この荷重移動分を各車輪速度の落ち込み状態を推定する数１の車輪荷重Ｗに、補正された前輪および後輪の荷重ＷＦ’、ＷＲ’を用いるようにしてもよい。車体減速度による荷重移動分ΔＷは数５に示すようになり、制動時の、前輪および後輪の荷重ＷＦ’、ＷＲ’は数５および数６に示される。

【００４８】

【数５】

ΔＷ＝｛ＷＢ＊（Ｈ／Ｌ）＊（－ＶＢ）｝／ｇ

【００４９】

【数６】

ＷＦ’＝ＷＦ０＋ΔＷ

【００５０】

【数７】

ＷＲ’＝ＷＲ０－ΔＷ

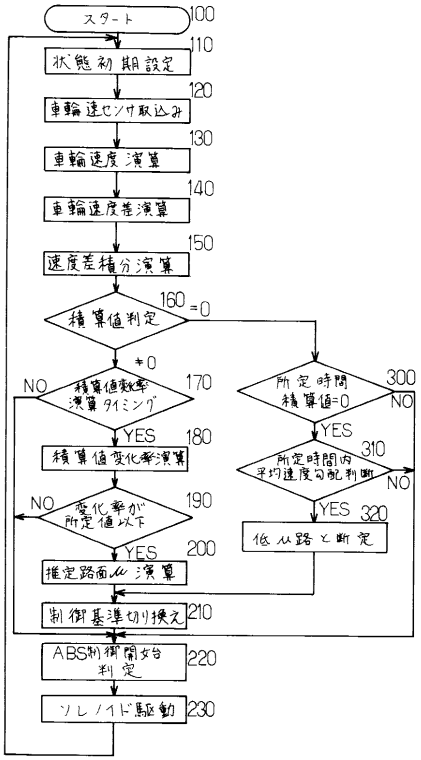
ただし、それぞれ、ΔＷ　・車両の荷重移動分

Ｈ　・車両の重心高

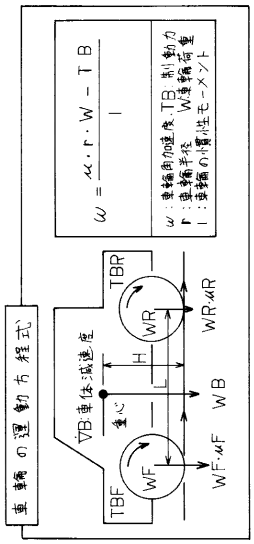
Ｌ　・ホイールベース

ＷＦ０・前輪の静的荷重
ＷＲ０・後輪の静的荷重、を表す。
【００５１】
上記、数５～７により、制動時の荷重移動分は車体減速度ＶＢに依存することが分かる。これから、実際の制動時の車輪の落ち込み状態は、制動力と制動によって生じる車体速度（荷重移動分）の釣り合いによって決定されていることが分かる。
なお、上記実施例においては、本発明を説明するために、一例としてＡＢＳ制御装置を挙げたが、本発明は、トラクション・コントロール制御装置（ＴＲＣ）等にも幅広く活用できる。
【００５２】
【発明の効果】
以上述べたように、本発明においては、車両の走行路面と車輪との摩擦結合が弱まる直前の路面摩擦係数を推定することによって、車両挙動を安定に保つことが可能な路面摩擦係数推定装置を提供することができる。
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明のブロック構成を表す構成図である。
【図２】本発明の第一実施例を表すフローチャート図である。
【図３】車輪の運動方程式について説明する説明図である。
【図４】車両における車輪の制動力配分線を表すグラフ図である。
【図５】車両における後輪と前輪との車輪速度差を積分した積分値を表すグラフ図である。
【図６】本発明における路面摩擦係数の推定の考え方を説明する説明図である。
【図７】本発明におけるＡＢＳ制御の作動の様子を表すタイミングチャートである。
【符号の説明】
７１　車輪速度センサ
７２　車輪速度センサ
７３　車輪速度センサ
７４　車輪速度センサ
１００　中央演算処理装置（ＥＣＵ）

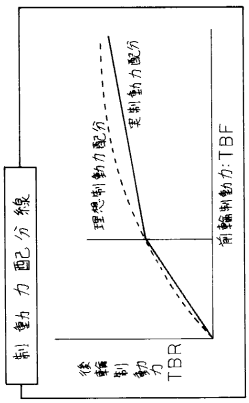
【図２】


スタート
100
状態初期設定
110
車輪速センサ取込み
120
車輪速度演算
130
車輪速度差演算
140
速度差積分演算
150
積算値判定
160
=0
≠0
積算値変化率演算タイミング
170
NO
YES
積算値変化率演算
180
変化率が所定値以下
190
NO
YES
推定路面μ演算
200
制御基準切り換え
210
ABS制御開始判定
220
ソレノイド駆動
230
所定時間積算値=0
300
NO
YES
所定時間内平均速度勾配判断
310
NO
YES
低μ路と断定
320

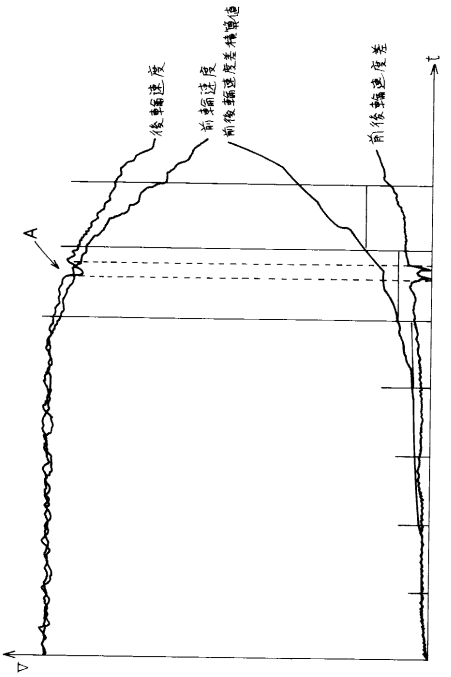
【図３】


車輪の運動方程式
ω = (μ・r・W − TB) / I
ω：車輪角加速度 TB：制動力
r：車輪半径 W：車輪荷重
I：車輪の慣性モーメント
∇B：車体減速度
重心
H
L
TBR
WR
WR·μR
WB
WF
WF·μF
TBF

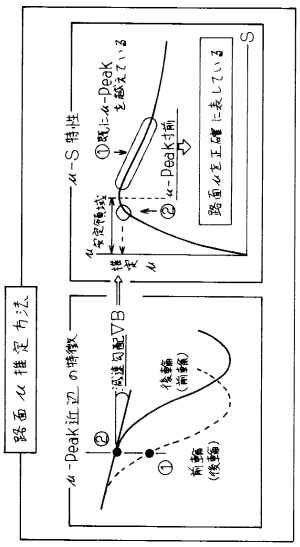
【図４】


制動力配分線
理想制動力配分
実制動力配分
前輪制動力：TBF
後輪制動力 TBR

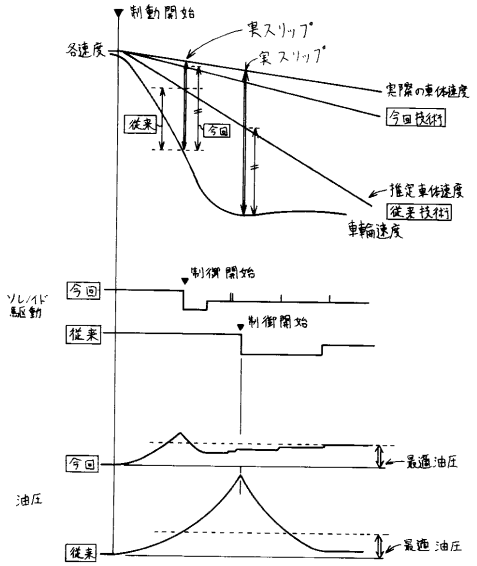
【図５】


後輪速度
前輪速度
前後輪速度差積算値
前後輪速度差
A
t
∇

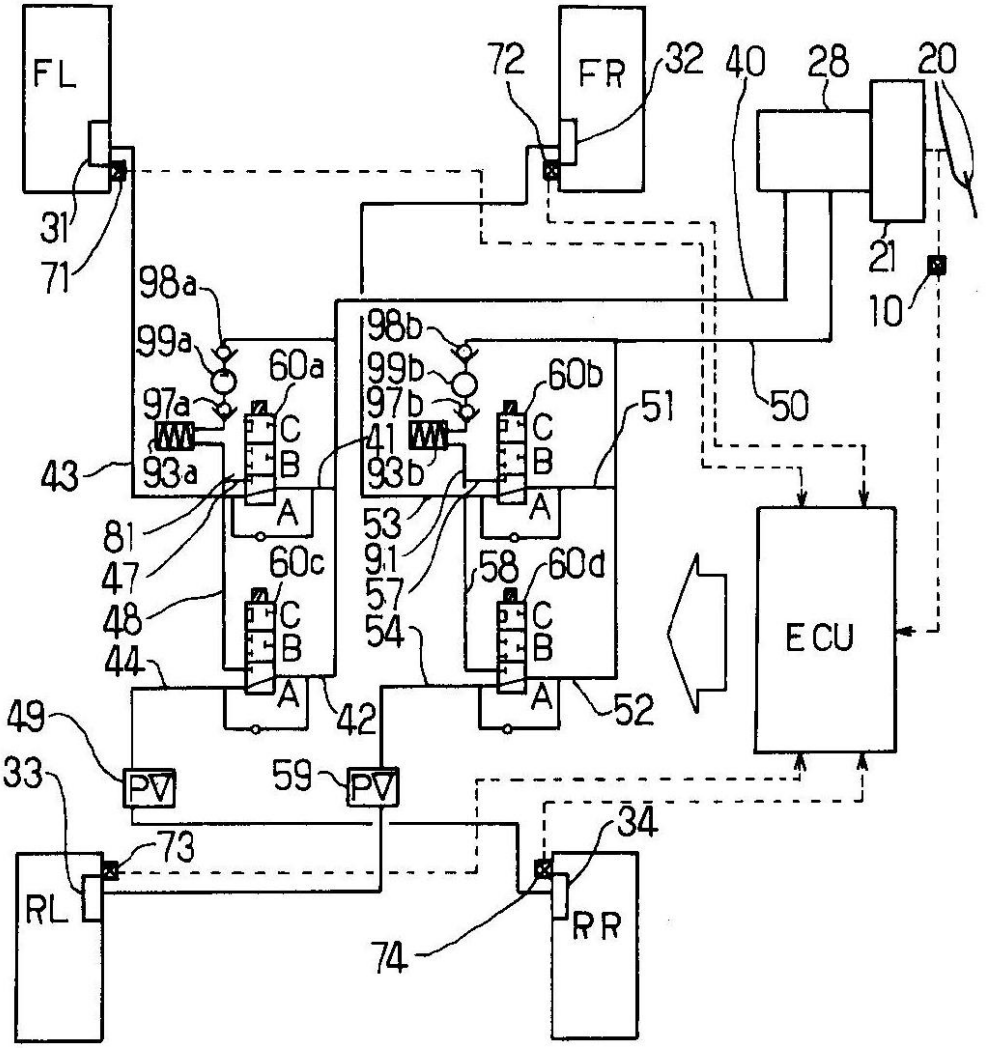
【図６】


路面μ推定方法
μ-Peak近辺の特徴
減速勾配∇B
後輪(前輪)
前輪(後輪)
μ-S特性
①既にμ-Peakを越えている
②μ-Peak付前
μ安定領域
推定μ
路面μを正確に表している
S

【図７】


制動開始
実スリップ
実スリップ
各速度
実際の車体速度
今回技術
従来
今回
推定車体速度
従来技術
車輪速度
制御開始
今回
ソレノイド駆動
制御開始
従来
今回
最適油圧
油圧
従来
最適油圧

【図１】


FL
FR
RL
RR
ECU
PV
PV
A
B
C
10
20
21
28
31
32
33
34
40
41
42
43
44
47
48
49
50
51
52
53
54
57
58
59
60a
60b
60c
60d
71
72
73
74
81
91
93a
93b
97a
97b
98a
98b
99a
99b

フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭６１－００９３６５（ＪＰ，Ａ）
実開昭５８－１３４７５８（ＪＰ，Ｕ）
特開平０４－３４５５６２（ＪＰ，Ａ）
特開平０１－２９５１６７（ＪＰ，Ａ）
特開昭６１－００９３６５（ＪＰ，Ａ）
実開昭５８－１３４７５８（ＪＰ，Ｕ）
特開平０４－３４５５６２（ＪＰ，Ａ）
特開平０１－２９５１６７（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.^{7}，ＤＢ名)
G01N 19/02
B60T 8/58
F02D 29/02 311
G01M 17/02